·综 述·

椎体成形术中椎体内骨水泥特性与疼痛缓解程度关系的研究进展

任海江，宋文慧*
（山西医科大学第二临床医学院骨科，太原 030001）

【摘 要】 骨质疏松性椎体压缩性骨折（OVCF）是骨质疏松症最常见的并发症之一，多见于老年人脆性骨折。从传统的保守治疗、开放性手术到如今的微创手术阶段，椎体成形术因其安全、高效及微创特性成为OVCF的重要治疗手段。骨水泥在椎体内的特性对OVCF患者术后疼痛的缓解起着极其关键的作用。现就骨水泥在椎体内的注入量、弥散情况、分布形态及黏稠度对患者术后疼痛缓解程度关系作一综述，为临床实践提供参考。

【关键词】 椎体成形术；骨水泥；疼痛缓解程度；骨质疏松性椎体压缩性骨折
【中图分类号】 R68 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2018.10.183

Association between degree of pain relief and characteristics of bone cement in the fractured vertebrae during vertebroplasty — a review

REN Hai-Jiang, SONG Wen-Hui*
(Department of Orthopedics, Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China)

【Abstract】 Osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) is one of the fragile fractures often occurring in the elderly. Vertebroplasty has become the most important treatment for OVCF because of its safety, effectiveness and minimal invasiveness, and it has been employed clinically and accepted by most patients. Bone cement is injected in the fractured vertebral bodies, and its characteristics are great of importance for the pain relief. This paper reviewed four characteristics that related research has focused over the last years, namely the injected volume, dispersion, distribution patterns, and cement viscosity.

【Key words】 vertebroplasty; bone cement; pain relief; osteoporotic vertebral compression fractures

Corresponding author: SONG Wen-Hui, E-mail: songwenhui301@sina.com

骨质疏松性椎体压缩性骨折（osteoporotic vertebral compression fractures，OVCF）是一种以骨量减少和骨骼微结构破坏为特征的一类骨骼疾病[1]。患有骨质疏松症的老年患者，由于骨质脆性增加，极易在低创伤下骨折或自发性骨折[2]。随着我国逐年进入老龄化社会，OVCF的发病率日渐增高。持续的胸腰背部疼痛是该类骨折的常见症状之一，严重影响患者的生存质量。对OVCF治疗方式的探究日益受到人们的关注。经多年研究发现，保守治疗在缓解疼痛方面所需时间长；而开放手术治疗的创伤大、出血多，且会带来许多并发症，如坠积性肺炎、尿路感染等[3]。因而，微创手术治疗逐渐被人们接受。经皮椎体成形术（percutaneous vertebroplasty，PVP）和经皮后凸椎体成形术（percutaneous kyphoplasty，PKP）在短期缓解疼痛和长期镇痛方面均有很好的治疗效果，可大大提高患者生存质量[3,4]。

骨水泥作为PVP和PKP中不可或缺的椎体内填充材料，可减少骨折椎体的微动，防止伤椎进一步骨折，所以其在椎体内的相关特性也就显得尤为重要。骨水泥种类较多，包括磷酸钙骨水泥、硫酸钙骨水泥、聚甲基丙烯酸酯（polymethacrylate，PMMA）骨水泥、双酚A－甲基丙烯酸缩水甘油酯骨水泥等，但目前最常用的填充材料为PMMA。近年来，对于骨水泥在椎体内相关特性的研究主要集中在其注入量、弥散情况、分布形态及不同黏度4个方面。本文就近年来骨水泥以上4种特性与疼痛缓解的关系作一综述。

1 骨水泥注入量对疼痛缓解程度的影响

目前多项研究探讨了骨水泥的注入量与疼痛缓

收稿日期：2018－01－26；修回日期：2018－03－21
通信作者：宋文慧，E-mail：songwenhui301@sina.com

解程度之间的剂量效应关系，但结果尚未达成共识。Kaufmann 等[5]通过对 158 例行 PVP 治疗的单节段 OVCF 患者进行回顾性分析发现，骨水泥的注入量与术后疼痛缓解程度无明显相关性，术者没有必要注入过量骨水泥，达到止疼效果即可。而另有研究发现，骨水泥的注入量与疼痛缓解程度之间呈正相关，即在确保安全范围内尽量增大骨水泥注入量才可以达到较好的治疗效果[6]。在关于骨水泥注入量的研究中，Röder 等[7]纳入了 194 例女性和 82 例男性 OVCF 患者，研究发现，只有骨水泥的注入量大于 4.5 ml 时才能达到有效的止疼效果。同样有学者对伤椎内骨水泥最小注入剂量进行研究发现，当骨水泥注入量≥伤椎体积的 15% 时才可获得良好的术后效果，即胸腰椎应最少注入 4～6 ml 的骨水泥[8]。从以上研究中我们不难发现，在确保骨水泥无渗漏的情况下，注入剂量大于某一特定最小注入剂量即可获得良好效果，但各研究所得出的最小注入剂量还存在争议。

另有研究发现，在考虑安全的条件下，手术时应当根据不同的骨折部位适量注入骨水泥，并且应限量（胸椎 1～2 ml，腰椎 2～3 ml）[4]。最近，有学者提出单纯穿刺而未对伤椎行骨水泥灌注同样可以减轻患者疼痛，但就短期止痛效果而言，注入骨水泥较单纯穿刺效果好，且两者的远期止疼效果没有差别[9]。

可见，目前对于骨水泥在伤椎内的注入剂量与疼痛缓解程度的关系还没有达成共识，不同研究者得出的结论各不相同，甚至有研究发现不注入骨水泥而行单纯穿刺也能达到治疗效果，所以关于二者之间的关系仍有待进一步研究。

2 不同黏度骨水泥对疼痛缓解程度的影响

一般来说，椎体成形术的并发症发生率并不高，但是有 90% 的并发症为骨水泥渗漏[10]。黏度作为骨水泥的一项重要参数已被证明是影响骨水泥渗漏的关键因素，不仅可以影响骨折部分的结合力度，也可影响骨水泥在椎体内的形态分布，甚至可影响到伤椎稳定性。以下各项研究表明，就止疼效果而言，高黏度骨水泥与低黏度骨水泥没有差别，但就安全性而言，高黏度骨水泥优于低黏度骨水泥。Xin 等[11]的相关研究表明，在 PVP 术中，高黏度骨水泥与低黏度骨水泥均能有效减轻患者疼痛，但高黏度骨水泥的应用可以减少术中渗漏的风险，增加手术安全性。高黏度骨水泥也可有效恢复椎体高度[12,13]。徐超等[14]对 60 例行 PVP 术后的 OVCF 患者进行了研究，发现高黏度骨水泥注入组静脉渗漏率明显比低黏度组低，但就视觉模拟量表（visual analogue scale，VAS）评分而言，二者差异无统计学意义，即对疼痛缓解程度相同。关于骨水泥渗漏方面，相关研究表明高黏度骨水泥较低黏度骨水泥更有益于减少术中渗漏[15]。可见，高黏度骨水泥的治疗效果优于低黏度骨水泥。

3 骨水泥在椎体内弥散情况对疼痛缓解程度的影响

单纯考虑注入剂量而忽略骨折严重程度就会使结果缺乏可靠性。另外，由于过量骨水泥注入可能导致一些并发症（包括终板坏死、骨水泥渗漏到椎间隙、椎管、周围静脉丛等[16]），提示应尽量减少骨水泥注入量。骨水泥弥散容积率为椎体内骨水泥弥散体积与椎体体积的比值，其概念既包涵了骨水泥注射剂量因素，又充分考虑了骨水泥在椎体内的三维分布范围及椎体体积的大小，还涉及了椎体骨密度因素，可更好地观察判断术中骨水泥的最佳剂量[17]。

Liebschner 等[18]研究表明，注入骨水泥的弥散容积率≥15% 时，伤椎可获得良好的刚度。而 Kim 等[19]研究则表明，骨水泥的弥散容积率达到 30% 时，伤椎方可获得正常强度。为了进一步探讨骨水泥在椎体内弥散情况与疼痛缓解程度之间的关系，Jin 等[20]对 96 例行 PVP 治疗的单节段 OVCF 患者进行了研究，结果显示，当最小弥散容积率达到 11.64% 时可以有效缓解患者疼痛，且此时并发症的发生率最小。Nieuwenhuijse 等[21]研究发现，最佳弥散容积率≥24% 方可有效缓解疼痛。而最近的研究结果却显示，当骨水泥弥散容积率≥49% 时其对疼痛缓解才有良好的敏感性和特异性[22]。另外，骨水泥在骨折线内的弥散状态对术后疗效也有至关重要的影响。有学者对骨水泥在伤椎骨折线内弥散情况做了相关研究[23]，发现骨水泥在骨折线内弥散不佳也会影响近期疗效，同时可能增加术后后凸畸形的风险。可见关于骨水泥的最小弥散容积率，各个研究者的结论缺乏一致性，最近研究结论与先前研究结论甚至存在较大差异，可缓解疼痛时的弥散容积率最小值有待进一步明确。对于避免骨水泥渗漏等并发症产生的弥散容积率的最大值，以上各项研究也鲜有得出结论。

4 骨水泥在椎体内的形态对疼痛缓解程度的影响

由于骨水泥在椎体内凝固后形态各异，对手术

疗效的影响也不尽相同，近年关于术后椎体内骨水泥形态与治疗效果相关性的研究并不多见，但是研究表明，广泛且均匀的骨水泥分布可获得良好的术后效果。为了明确骨水泥在椎体内形态对疼痛缓解程度的影响，有学者对120例行PKP术后的OVCF患者进行了研究，根据术后X线片中骨水泥分布形态，将患者分成A组（灌注的骨水泥在强化椎体中相互连通）和B组（灌注的骨水泥在强化椎体中相互分离），通过统计手术前后的VAS评分，发现术后骨水泥在椎体内分布相互连通较相互分离有更好的短期止痛效果[24]。Li等[25]对56例（67椎）行PKP手术后的OVCF患者进行研究发现，术后椎体内骨水泥平面支撑形态和立体支撑形态的远期镇痛效果较点式支撑形态好。Liang等[26]通过计算机有限元分析模型研究也证实骨折区域内骨水泥对称均匀分布有利于减轻疼痛；反之，骨水泥分布不均会显著增加伤椎的移动，从而引起疼痛加重。

由此可见，骨水泥在椎体内的形态与疼痛缓解程度之间并无明显相关性，不管术后骨水泥在椎体内呈何种形态，只要骨水泥分布足够广泛及均匀，就可起到良好的止痛效果。

5 展望

随着我国人口的老龄化，OVCF的发病率逐渐增高。临床应用PVP治疗椎体疾病已有30余年，由于手术创伤小、时间短，且能够迅速止痛、稳定椎体，提高了患者的生活质量。骨水泥是椎体成形术中重要的填充材料，目前，对于其在椎体内的相关特性对患者术后疼痛缓解程度影响的研究主要集中在骨水泥注入量、弥散情况、分布形态及黏度4个方面。关于骨水泥注入剂量与疼痛缓解程度的关系，各个研究者之间的结论还存在较大差异，尽管如此，术者仍应避免骨水泥渗漏等并发症出现。不同黏度的骨水泥均可有效缓解疼痛，而高黏度骨水泥更具安全性，有利于减少术中并发症；同时，高黏度骨水泥还有利于骨折部分之间的粘合，可以为伤椎提供良好稳定性。骨水泥在椎体内应该尽量广泛且均匀分布，以避免应力分布不均导致新发骨折。虽然骨水泥在椎体内各个特性与疼痛缓解程度的关系有待进一步研究，但是术者在术中应该综合考虑多种因素，对不同患者行不同治疗，只有这样才能够达到最佳治疗效果。相信随着对其研究的深入，终将会为OVCF患者带来更好的治疗效果。

【参考文献】

[1] 王其飞，刘正，刘家帮，等. CYP11A1基因多态性与老年性骨质疏松性骨折相关性研究[J]. 中国骨质疏松杂志，2017，23(3)：303－306. DOI：10.3969/j.issn.1006-7108.2017.03.005.
Wang QF, Liu Z, Liu JB, *et al*. Association between CYPl l A1 gene polymorphism and osteoporotic fractures in the elderly[J]. Chin J Osteoporos, 2017, 23(3): 303－306. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2017.03.005.

[2] 遇呈祥，陈亮，晏铮剑，等. 改良PKP操作技术治疗老年骨质疏松性多椎体压缩性骨折[J]. 中华老年多器官疾病杂志，2011，10(5)：397－400. DOI：10.3724/SP.J.1264.2011.00030.
Yu CX, Chen L, Yan ZJ, *et al*. Modified percutaneous kyphoplasty technique in the treatment of multilevel osteoporotic vertebral compression fracture in elderly patients[J]. J Mult Organ Dis Elderly, 2011, 10(5): 397－400. DOI: 10.3724/SP.J.1264.2011.00030.

[3] Yang H, Liu H, Wang S, *et al*. Review of percutaneous kyphoplasty in China[J]. Spine, 2016, 41(Suppl 19): B52－B58. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001804.

[4] 高梁斌，陈嘉裕，张亮，等. 经皮椎体成形术中骨水泥注射量与疗效和并发症的相关性研究[J]. 中华创伤骨科杂志，2009，11(6)：532－536. DOI：10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2009.06.009.
Gao LB, Chen JY, Zhang L, *et al*. Effect of bone cement injection volume on the therapeutic results in percutaneous vertebroplasty[J]. Chin J Orthop Trauma, 2009, 11(6): 532－536. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2009.06.009.

[5] Kaufmann TJ, Trout AT, Kallmes DF. The effects of cement volume on clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2006, 27(9): 1933－1937.

[6] Fu Z, Hu X, Wu Y, *et al*. Is there a dose-response relationship of cement volume with cement leakage and pain relief after vertebroplasty? [J]. Dose Response, 2016, 14(4): 1559325816682867. DOI: 10.1177/1559325816682867.

[7] Röder C, Boszczyk B, Perler G, *et al*. Cement volume is the most important modifiable predictor for pain relief in BKP: results from SWISSspine, a nationwide registry[J]. Eur Spine J, 2013, 22(10): 2241－2248. DOI: 10.1007/s00586-013-2869-3.

[8] Martinčič D, Brojan M, Kosel F, *et al*. Minimum cement volume for vertebroplasty[J]. Int Orthop, 2015, 39(4): 727－733. DOI: 10.1007/s00264-014-2620-7.

[9] Yokoyama K, Kawanishi M, Yamada M, *et al*. Long-term therapeutic effects of vertebroplasty for painful vertebral compression fracture: a retrospective comparative study[J]. Br J Neurosurg, 2016, 2(31): 184－188. DOI: 10.1080/02688697.2016.1238037.

[10] Nieuwenhuijse MJ, Erkel ARV, Dijkstra PDS, *et al*. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: identification of risk factors[J]. Spine J, 2011, 11(9): 839－848. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.07.027.

[11] Xin L, Bungartz M, Maenz S, *et al*. Decreased extrusion of calcium phosphate cement *versus* high viscosity PMMA cement into spongious bone marrow — an *ex vivo* and *in vivo* study in sheep vertebrae[J]. Spine J, 2016, 16(12): 1468. DOI: 10.1016/j.

spinee. 2016. 07. 529.

[12] Zhang L, Wang J, Feng X, *et al*. A comparison of high viscosity bone cement and low viscosity bone cement vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 129: 10 – 16. DOI: 10.1016/j.clineuro.2014.11.018.

[13] 王远政, 田晓滨, 李波, 等. 高黏度骨水泥与低黏度骨水泥经皮椎体成形术治疗严重骨质疏松性椎体压缩性骨折的前瞻性比较研究[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(1): 54 – 60. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.01.009.
Wang YZ, Tian XB, Li B, *et al*. A prospective comparative study of high *versus* low viscosity bone cement in vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Chin J Orthop Trauma, 2017, 19(1): 54 – 60. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.01.009.

[14] 徐超, 伊力哈木, 托合提, 等. 高黏度与低黏度骨水泥PVP治疗骨质疏松椎体压缩骨折的疗效和并发症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(10): 900 – 905. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.10.07.
Xu C, Yilihamu, Tuohuti, *et al*. The outcomes and complications of high-viscosity and low-viscosity bone cement in percutaneous vertebroplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2014, 24(10): 900 – 905. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.10.07.

[15] Lador R, Liberman S, Ben-Galim P, *et al*. A cadaver study to compare vertebral augmentation with a high-viscosity cement to augmentation with conventional lower-viscosity cement [J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 26(2): 68 – 73. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182337d69.

[16] Zou J, Mei X, Zhu X, *et al*. The long-term incidence of subsequent vertebral body fracture after vertebral augmentation therapy: a systemic review and meta-analysis[J]. Pain Physician, 2012, 15(4): E515 – E522.

[17] 何保玉, 刘宝戈, 李学民, 等. 骨水泥弥散容积率在骨质疏松性椎体压缩骨折PKP术后疗效评价中的应用[J]. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(1): 68 – 73. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2016.01.015.
He BY, Liu BG, Li XM, *et al*. Application of the bone cement defused volume rate in the clinical observation of percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Chin J Bone Joint, 2016, 5(1): 68 – 73. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2016.01.015.

[18] Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1547 – 1554. DOI: 10.1097/00007632-200107150-00009.

[19] Kim JM, Shin DA, Byun DH, *et al*. Effect of bone cement volume and stiffness on occurrences of adjacent vertebral fractures after vertebroplasty [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2012, 52(5): 435 – 440. DOI: 10.3340/jkns.2012.52.5.435.

[20] Jin YJ, Yoon SH, Park KW, *et al*. The volumetric analysis of cement in vertebroplasty: relationship with clinical outcome and complications[J]. Spine, 2011, 36(12): 761 – 772. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181fc914e.

[21] Nieuwenhuijse MJ, Bollen L, van Erkel AR, *et al*. Optimal intravertebral cement volume in percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Spine, 2012, 37(20): 1747 – 1755. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318254871c.

[22] He X, Li H, Meng Y, *et al*. Percutaneous kyphoplasty evaluated by cement volume and distribution: an analysis of clinical data[J]. Pain Physician, 2016, 19(7): 495 – 506.

[23] 周文学. 骨水泥在椎体骨折线内弥散情况对椎体成形术治疗效果的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 11(2): 144 – 149. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.02.09.
Zhou WX. The effect of distribution of bone cement in the fracture lines on the outcome of percutaneous vertebroplasty[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2014, 11(2): 144 – 149. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.02.09.

[24] Liu H, Xiao ZE, Zou J, *et al*. Clinical efficacy of types of bone cement distribution in percutaneous kyphoplasty[J]. Chin J Bone Joint Surg, 2017, 10(1): 8 – 12. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2017.01-02.

[25] Li YB, Hao DJ, He BR. Postoperative clinical effects of different cement shape after PKP[J]. Chin J Bone Joint Injury, 2012, 27(11): 996 – 998.

[26] Liang D, Ye LQ, Jiang XB, *et al*. Biomechanical effects of cement distribution in the fractured area on osteoporotic vertebral compression fractures: a three-dimensional finite element analysis [J]. J Surg Res, 2015, 195(1): 246 – 256. DOI: 10.1016/j.jss.2014.12.053.

（编辑：吕青远）